УДК 628.97:628.946.003

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСТАНОВОК НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В.Д. Никитин, А.А. Матющенко, Ю.С. Шаламова

Томский политехнический университет
E-mail: Yakovlev_AN@tpu.ru

Приведено технико-экономическое сравнение прожекторных и уличных осветительных установок с различными источниками света. Показано, что для оценки экономических показателей освещения лучше использовать стоимость единицы световой энергии, вычислены ее значения для ряда источников. Для прожекторов минимальную стоимость дают металлогалогенные лампы, для уличного освещения – натриевые лампы. Предложена методика расчета приведенных затрат на основе стоимости единицы световой энергии.

1. Обоснование методики, объекты анализа

В отечественной светотехнической литературе:

- экономические показатели осветительной установки (ОУ) рассчитываются по методике С.А. Клюева [1], не позволяющей глубоко проанализировать роль отдельных факторов;
- преобладают работы по внутреннему освещению, а по экономике наружного освещения публикаций мало; экспресс – оценку ОУ дают [2, 3].

Методика [2]

Дает возможность вычислить и включить в анализ ряд новых экономических показателей (время выравнивания, часовую стоимость ОУ, соотношение затрат и др.).

Требует предварительного выравнивания значений светового потока сравниваемых источников света (ИС); один из ИС берется с (гипотетической) мощностью P такой, что его световой поток строго равен потоку 2-го ИС.

Методика [3]

Позволяет вычислить стоимость единицы световой энергии (ЕСЭ) – 1 Млм·с или 1 клм·ч – сопоставляемых ИС. Не требует предварительного выравнивания значений светового потока и/или иных вспомогательных процедур.

Не привязана к конкретным ОУ, названию или масштабу валюты; число сравниваемых ОУ не ограничено.

Методики для оценки экономических показателей ОУ сравниваются в табл. 1. Стоимость ЕСЭ представляет разумный компромисс между учетом только стоимости электроэнергии (ЭЭ) (фактора наиболее значимого) и учетом всех параметров, влияющих на стоимость ОУ, в методике С.А. Клюева [1]. Заметим, что в наружных ОУ роль затрат на ЭЭ заведомо ниже: дороги ИС, световые приборы (СП) и опоры, телескопические вышки для обслуживания СП и др., а уровни E и, следовательно, мощности – малы. Для функциональных уличных ОУ удельная мощность (грубо) $w\approx 1$ Вт/м^2, а для внутреннего освещения – на порядок и более выше (только «верхний свет», даже без местного освещения).

Стоимость ЕСЭ рассчитывается по формуле:

$$G=q_э\eta_v^{-1}+C\Phi^{-1}\tau^{-1}, \qquad (1)$$

где $q_э$ – тариф на ЭЭ, отн.ед./кВт·ч; η_v – световая отдача ИС, лм/Вт; C – стоимость ИС, отн. ед.; Φ – световой поток лампы, клм; τ – срок службы ИС, ч (не путать с T, ч/год).

Как показано в [3], стоимость ЕСЭ хорошо отражает научно – технический прогресс в области ИС. В качестве «*apparatus criticus*» выбраны статьи в «Светотехнике» по экономике прожекторного [4] и функционального уличного [5] освещения (их анализ с использованием стоимости ЕСЭ составит содержание разделов 2 и 3 соответственно; аллитерация з-с – случайна).

Прожекторные ОУ [4]

Тема актуальна ввиду малого (на момент публикации) опыта применения «тяжелых» (с потоком $\Phi\approx 10^5$ лм) ИС для освещения больших пространств. Некоторые разрядные лампы (РЛ), включенные в [4], впервые были (широко) использованы лишь на XXII Московской (1980 г.) олимпиаде.

Анализируются практически все «тяжелые» ИС (P=0,7...20 кВт), многие реально в России не выпускались (использовали лампы Osram, Philips в СП Siemens, ASEA и др.).

Глубокий экономический анализ ОУ с широким кругом ИС, доведенный до значений отн.ед./(клм·год).

Уличные ОУ [5]

Замена «сходящих со светотехнической сцены» дуговых ртутных ламп (ДРЛ) на натриевые лампы (ДНаТ) целесообразна ввиду существенно больших η_v у ДНаТ.

Нарушено одно из условий корректного сравнения – равенство значений светового потока. У ДНаТ 250 versus ДРЛ 400 световой поток на 10,6 % больше, у ДНаТ 150 versus ДРЛ 250 – на 15,4 %.

Учитываются факторы 2-го и даже 3-го плана – стоимость обслуживания лампы (~10 отн.ед./год) и СП (~3 отн.ед./год) – которыми заведомо можно пренебречь, если определяющий фактор – стоимость ЭЭ – составляет 700...1800 отн.ед./год.

Таблица 1. *Методики оценки экономических показателей ОУ*

Стоимость	Факторы, учитываемые методикой	Доля от всех затрат в ОУ, %	Влияние уровня E* на зрительную работу
$Q_{[1]}$, отн.ед., по [1]	12 влияющих на стоимость ОУ	100 (полный учет затрат)	Фактически не учитывается
Часовая [2]	Существенные ($P_Л$, $P_{ПРА}$, q, C, τ, $cos\varphi$)	Как правило, ≥90	Учитывается значение потока Φ (освещенность E~Φ)
ЕСЭ G [3]	5 наиболее значимых ($P_Л$, $P_{ПРА}$, q, C, τ)	Обычно 80...90	
ЭЭ	$P_Л$+$P_{ПРА}$, тариф	70...75 (85**)	Не учитывается

** Влияние качества освещения на условия зрительной работы и производственные показатели ни одна из методик не учитывает.*
*** Для помещений*

2. Анализ прожекторных ОУ

Исходные данные к анализу прожекторных ОУ приведены в табл. 2 (на основе [4]); таблица транспонирована; опущена избыточная, по отношению к основному сюжету оригинала, информация по КГ//5[1], ДРИ 700, ДРЛ 700, ДНаТ 700, ДНаТ//1[1].

В [4] даются (фактически без логического продолжения) пересчетные коэффициенты, выравнивающие значения светового потока кварцевых галогенных ламп (КГ) и дуговых ртутных с йодидными добавками ламп (ДРИ) с потоком ламп ДКсТ//20[1] (//10[1]). Авторы анализируемой работы:

- не решились порвать с традицией и работать с дробными числами ламп и СП;
- округляли число ламп до ближайшего целого, обычно – большего (следовали технологии реального проектирования).

В результате таких округлений (в [4]: 2,6→3; 5,25→5; 9,75→10; 17,6→18; и ряд других) возникали заметные (и разнознаковые) погрешности (табл. 3).

Использование дробных чисел ИС (и, следовательно, СП):

- не является «надругательством над здравым смыслом», – наоборот, ему соответствует, поскольку повышает точность результатов;
- имеет прецедент в светотехнике (при создании таблиц удельной мощности w=w(h,s...) Кнорринг [6] – для снижения погрешности – брал дробные числа ламп).

Разумеется, в реальном проектировании вместо 2,6 мы возьмем 3 лампы (или даже, из соображений симметрии или компоновочных, – 4), но при разработке инструктивных, нормативных и т. п. материалов дробные числа – просто математические объекты, не противоречащие *common sense*.

В табл. 4 экономические показатели для ламп ДКсТ//20 и //10, КГ//10, ДРИ//2 и //3,5, при допущенных в [4] округлениях, сравниваются с гипотетическими значениями (выделены); очевидно, что светотехнический ландшафт при учете дробного числа ИС (отказе от округлений) заметно меняется. В пункте 5 даны: приведенные затраты Q [4], коррекции 1* и 2** (смысл коррекций объяснен в центре (тонирован) табл. 4). Несовпадения позиций ② и ⑤, ③ и ⑥ обусловлены разницей в стоимости компенсирующих конденсаторов из-за их дискретности (подобная ситуация проанализирована на с. 79 [7]). Различия между позициями ① и ⑦, ② и ⑧ и т. д. в строках 5.2 и 5.3 вызваны целочисленными (и разнознаковыми) округлениями, сделанными в [4].

Таблица 2. *Сравнение источников света для прожекторов (на основе [4])*

Тип лампы//мощность, кВт	ДКсТ//20	ДКсТ//10	КГ//10	ДРИ//2	ДРИ//3,5
Световой поток Φ, клм	580	250	220	190	280
Световая отдача η_v, лм/Вт	29	25*	22	95	80
Срок службы τ, тыс. ч	1,2	0,8*	3	1	1
Мощность, кВт, эквивалентная (*курсив*) по потоку Хе лампам	**ДКсТ//20**	*23,2**	*26,4*	*6,11***	*7,25*
	↑ ⟶	**ДКсТ//10**	*11,4*	*2,64***	*3,12*

** В оригинале данные отсутствуют.*
*** Исправлены погрешности*

Таблица 3. *Погрешности при замене лампы ДКсТ//10 на КГ//10 и ДРИ//2*

Лампа ДКсТ//10 заменяется на	Пересчетный коэффициент в табл. 1 [4] (→округление)	Погрешность по световому потоку при округлении числа ламп	Результат целочисленной n→Z замены (округления)
Одну лампу КГ //10	n=1,14 (→1, мощность снижена: 11,4→10)	Δ=(10−11,4)× ×100%/11,4= =−12,3 %	1,14→1 приводит к недостатку * по P и Φ_v
Две лампы ДРИ //2	n=1,34 (→2, мощность завышена: 2,64→4)	Δ=(2−1,32)× ×100%/1,32= =51,5 %	1,34→2 приводит к избытку ** по P и Φ_v

** Превышает (** – значительно) приемлемый для технических приложений уровень погрешности*

Здесь необходимо отметить следующие обстоятельства.

1. При обсуждении [4] возникли специфические трудности: в работе отсутствовали такие важные параметры, как тариф на ЭЭ (q) и число часов использования ОУ в год (T). В пункте 6 табл. 4 даны зависимости G= G(η_v, q), привязанные к конкретным ОУ из [4], для q=0,01...0,04 отн.ед./кВт·ч, и на основе G рассчитаны затраты Q[3] для ряда вероятных значений T=1360–1800–2700–5450 ч/год (при «стандартном» ряде T=1,75–1,95–2,45–3,0–3,5–3,6 тыс. ч/год) и значениях $\boldsymbol{a}$=1 (вне скобок) и $\boldsymbol{a}$=1,15 (в скобках).

[1] Здесь и далее: сокращенная форма записи мощности «тяжелых» ИС: лампа // P, кВт

Таблица 4. *Сравнение экономических показателей в [4] и гипотетических (выделены знаком Г⇒ и курсивом) при принятии дробного числа ИС и СП; в п. 6: стоимость G (η_v,q) и затраты Q[3] (η_v,T)*

Тип лампы //мощность, кВт	Кс//20	КГ//10	ДРИ//2	ДРИ//3,5	Кс//10	КГ//10	ДРИ//2	ДРИ//3,5
1. Мощность, кВт	20	3×10	3×2	2×3,5	10	10	2×2	3,5
	Г⇒	*26*	*6,08*	*7,25*	Г⇒	*11,4*	*2,68*	*3,12*
2. Стоимость, отн.ед.	184,2	165	174	209,7	127	55	116	104,8
	Г⇒	*143*	*176,3*	*217,2*	Г⇒	*62,7*	*77,7*	*93,4*
3. Суммарные капиталовложения, отн.ед.	1584	330	515	494	1227	110	342,4	244,4
	Г⇒	*286*	*522*	*512*	Г⇒	*125,4*	*229,4*	*217,9*
4. Стоимость ЭЭ, отн.ед./год	1090	1640	360	420	545	545	250	210
	Г⇒	*1421*	*364,8*	*435*	Г⇒	*621,3*	*167,5*	*187,2*
5. Приведенные затраты, отн.ед./клм год	* В строке 5.2 исправлены арифметические неточности, выявленные в табл. 2 [4] ** Учтены гипотетические (дробные, неокругленные) значения параметров							
5.1. По [4] – $Q_{[4]}$	3,34	3,32	1,92	2,24	4,8	2,56	3,0	2,6
5.2. Коррекция 1*	3,34	① 2,92	② 1,96	③ 2,31	4,8	④ 2,92	⑤ 1,98	⑥ 2,32
5.3. Коррекции 1 и 2**	3,34	⑦ 2,53	⑧ 1,98	⑨ 2,39	4,8	⑩ 3,32	⑪ 1,33	⑫ 2,07

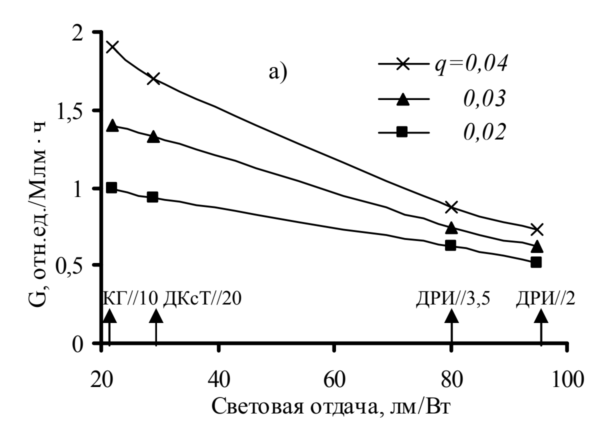
6. Стоимость единицы световой энергии *G*(*q*), отн.ед./Млм·ч						*T*, ч/год	Затраты $\frac{Q_{[3]}}{\Phi}(T)$, отн.ед./клм·год		
При тарифе на ЭЭ, отн.ед./кВт·ч, равном	0,01	0,608	0,537	0,41	0,499	5450	2,93 (3,37)	2,24(2,57)	2,72(3,13)
	0,02	0,95	0,992	0,516	0,62	2725	2,7(3,11)	1,41(1,62)	1,7(1,96)
	0,03	1,3	1,4	0,62	0,74	1817	2,63(3,02)	1,13(1,3)	1,36(1,57)
	0,04	1,6	1,9	0,73	0,87	1363	2,59(2,98)	0,99(1,14)	1,19(1,37)

2. На основе табл. 4 построен рис. 1, где даны значения стоимости ЕСЭ и, на их базе, приведенные затраты $Q_{[3]}$ в ОУ с лампами, включенными в табл. 4. Сравнение с линией затрат по 5.3 (свободной от неточностей и округлений) позволяет предположить, что:
   - время работы прожекторной ОУ в [4] составляет около 3 тыс. ч в год, а тариф на ЭЭ – около 0,02 отн.ед./кВт·ч;
   - выпадение значений затрат для КГ//10 объясняется, возможно, «особенностями» ценообразования (на светотехническую продукцию, в частности) при существовавшей тогда плановой (на деле – АК) системе. Так, в журнале «Светотехника», 1969, № 7, С. 4, описана ситуация, когда лампа общего назначения мощностью P_7=200 Вт (с меньшими затратами стекла, вольфрама и др. материалов) была дороже, чем лампы P_8=300 Вт и даже P_9=500 Вт.
3. Сложилась терминологическая ловушка, ранее не замеченная; под «приведенными затратами» фактически понимают четыре разных понятия (табл. 5).

Таблица 5. *Сравнение «приведенных затрат» по [1, 3–5, 8]*

Q [3], отн.ед. (на деле – отн.ед./год)	*Q* [3], отн.ед./клм·год	*Q* [4], отн.ед./клм·год	*Q* [8], отн.ед./м²·год
$Q_{[1]}=Q_{n\ [1]}$. $Q_{[5]}$, почти совпадая с *Q* [1], отличается от него меньшим числом (10) действующих (и учитываемых) факторов.	Находится на основе значения стоимости ЕСЭ [3] умножением на *Φ*, *T* и коэффициент ***a***>1, формула (2). Учитывает только важнейшие факторы.	Вначале находится стоимость полных затрат *Q* [1]. Затем *Q* [1] делится на номинальное значение генерируемого светового потока.	Удельные ПЗ в функции условного η_v*, *C*, *τ* и стоимости СП для обеспечения яркости *L*=1 кд/м²

**Понятие «условная η_v» в [8] не объясняется*



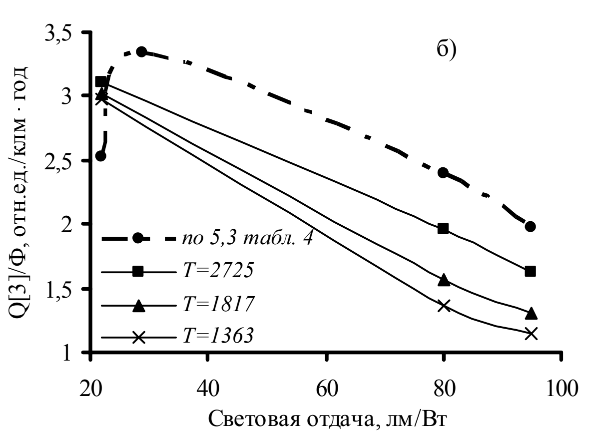


Рис. 1. *Зависимость от световой отдачи: а) стоимости ЕСЭ при q=var; б) приведенных затрат Q при T=var (штриховая линия по пункту 5.3 в табл. 4)*

По разделу 2 можно прийти к заключению, что

- выполненный в [4] экономический анализ соответствует логике научно-технического прогресса;
- результаты расчета по приведенным затратам $Q_{[4]}$ и по стоимости 1 лм·с и ее линейным аналогам, например, $Q_{[3]}$, принципиально совпадают (линии на рис. 1 подобны):
- целочисленные округления числа ламп (при расчете по приведенным затратам) могут давать погрешность более 50 % и исказить целесообразную область применения источников света.

3. Анализ уличных осветительных установок

В [5] сравниваются ОУ с лампами ДРЛ и ДНаТ; учитываются факторы (1)–(10):

- стоимость ИС (1) и СП (2); замены ламп (3) и СП (4);
- тариф на ЭЭ(5); мощность лампы и ПРА (6); потери в сети $K_{сети}$=1,084 (7);
- срок службы лампы (8) и СП (9), число часов использования ОУ в год (10).

Отметим присущую [5] триаду недостатков (выравнивание по числу строк – не случайно).

- Учет слабо влияющих факторов (2–4, 7, 9): создает видимость охвата всех сторон явления (иллюзию точности сравнения), а на деле лишь «вуалирует» истину. Достаточно сравнить на рис. 2 углы наклона: линий 1, 3 (используются данные [5]) с линиями, соответственно, 2, 4 (для возможности сравнения – логарифмический масштаб на ординатах; пояснения – в конце раздела 3). Также смотрите неравенства в табл. 6.
- Несимметричный подход к лампам ДРЛ и ДНаТ: ОУ с ДНаТ 150 и 250 Вт «обременены» учетом (3, 4), тогда как стоимость ОУ с ДРЛ от (3,4) свободна. Неясна цель этого гандикапа, – и была ли цель вообще? Ведь учет факторов (3,4) не может повлиять на результат сравнения ИС. Попутно: в [8] указан для лампы ДНаТ 250 τ=20 тыс. ч, а в [5] – 10 тыс. ч; в [9] даются потери $K_{сети}$<1,084 в [5].
- Значение потока Φ_v, важнейшего – для светотехники – параметра ИС, в [5] не учитывается совсем – ни непосредственно, ни в форме η_v. Несовпадение в 10...15 % ((15–13)/13=0,154) значений Φ_v (указаны в табл. 6, $\Phi_{ДРЛ}<\Phi_{ДНаТ}$) реально занижает экономические показатели ДНаТ и может сказаться на целесообразной области применения натриевых ламп.

В табл. 6 в качестве критерия для экономической оценки ОУ сравниваются приведенные затраты $Q_{[5]}$ (рассчитаны в [5] на основе методики С.А. Клюева; в скобках – наши «справедливые» значения приведенных затрат $Q_{[5]}$ для ДНаТ) и стоимость единицы световой энергии [3] (оценка по формуле (1)).

Как пример, рассчитаем на основе исходных данных табл. 6 стоимость ЕСЭ, отн.ед./клм·ч, для первой пары сравниваемых ламп:

$$G_{ДРЛ\,250}=\frac{0,95\cdot 250}{13000}+\frac{115}{13\cdot 12000}=19\cdot 10^{-3},$$

$$G_{ДНаТ\,150}=\frac{0,95\cdot 150}{15000}+\frac{248}{15\cdot 6000}=12,26\cdot 10^{-3}.$$

Очевидно (пункт 5 в табл. 6), что знаки неравенств совпадают, т. е. критерии согласованы, хотя и не равноценны: получить результаты по стоимости ЕСЭ проще и быстрее, а различия, благодаря исключению второ- и третьестепенных факторов, контрастнее, «выпуклее». Сравнение критериев (пункты 6 и 7 в табл. 6) показывает, что стоимость ЕСЭ – более информативный показатель, чем приведенные затраты $Q_{[5]}$. В пункте 8 даны приведенные затраты $Q_{[3]}$ – произведение стоимости ЕСЭ (значения округлены) на поток Φ (клм) и число часов в год T, а в пункте 9 – отношение приведенных затрат $Q_{[5]}$ к произведению $G\cdot\Phi\cdot T$.

Таблица 6. *Сравнение приведенных затрат [5] и стоимости ЕСЭ, как критериев при анализе ОУ (q=0,95 отн.ед./кВт·ч, T=4000 ч/год)*

Лампа и мощность P, Вт	ДРЛ 250	ДНаТ 150	ДРЛ 400	ДНаТ 250
1. Световой поток Φ, клм	13 (13,5)	15	23,5 (24)	26
2. τ, тыс. ч \ 3. C, отн.ед.	12\115	6\248	15\217	20\285
4.1. Приведенные затраты, отн.ед./год 4.2. Стоимость ЕСЭ, отн.ед./Млм·ч	1171 19	1039*(845**) 12,26	1870 16,8	1454*(1247**) 9,68
5. Связь параметров	1171>1039, 19>12,26		1870>1454, 16,8>9,68	
6. Отношение: приведенных затрат стоимостей ЕСЭ	$\frac{1171}{1039}=1,14\left(\frac{1171}{845}=1,38\right)$ 19/12,26=1,55		$\frac{1870}{1454}=1,29\left(\frac{1870}{1247}=1,50\right)$ 16,8/9,68=1,73	
7. Сравнение критериев по информативности	1,55>(1,38)>1,14		1,73>(1,50)>1,29	
	Стоимость ЕСЭ − более "емкий" показатель, чем $Q_{[5]}$			
8. Приведенные затраты $Q_{[3]}$ – произведение $G\cdot\Phi\cdot T$ (Ф клм, по п. 1)	0,019·13×4000=988	0,012·15×4000=735,6	0,017·23,5×4000=1546	0,0097·26×4000=1006,7
9. Отношение приведенных затрат $Q_{[5]}$ к $G\cdot\Phi\cdot T$	1171/988=1,19	(845)/735,6=(1,15)	1870/1546=1,21	(1247)/1006,7=(1,24)

** Приведенные затраты брались, как у Т.Л. Флодиной [5], т. е. с включением для ДНаТ стоимости СП и замены СП.*
*** Стоимость СП и его замены исключены, основания (базы) для сравнения ОУ с ДРЛ и ДНаТ совпадают («справедливые» значения)*

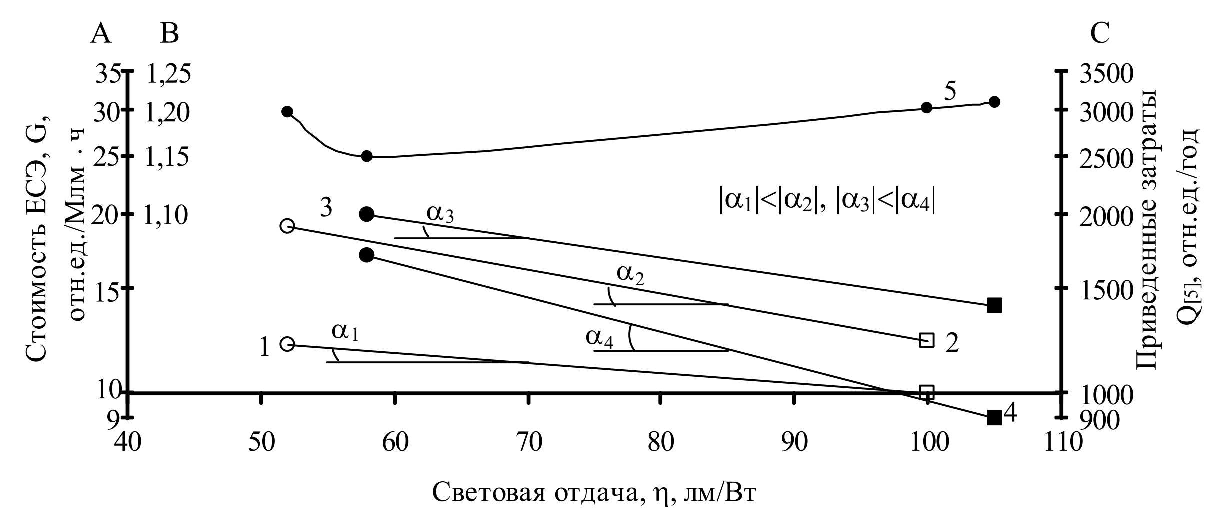


Рис. 2. *Сравнение в качестве критерия стоимостей: 1) приведенной, отн.ед./год, ламп ДРЛ 250 vs ДНаТ 150; 2) ЕСЭ, отн.ед./Млм·ч, тех же ламп; 3) приведенной, отн.ед./год, ламп ДРЛ 400 vs ДНаТ 250; 4) ЕСЭ, отн.ед./Млм·ч, тех же ламп. 5) коэффициент* $Q_{[5]}$ */GФT*

Помимо табл. 6, приведенные затраты $Q_{[5]}$ и стоимость ЕСЭ для ламп ДРЛ и ДНаТ представлены на рис. 2 (кривые 1–4).

Сама возможность наглядного сравнения двух критериев – соединяются линиями точки, отображающие значения (разного порядка) величин с несовпадающими (!) размерностями – не очевидна и требует обоснования. На рис. 2 масштабы: оси абсцисс и шкалы B – равномерные, шкал A и C – логарифмические ($\lg G(\eta)+2=\lg Q(\eta)$). Математическим оправданием факта проведения линий (1–4) и последующего сравнения их угловых коэффициентов являются:

1) известное из теории логарифмов *свойство* – отношение логарифмов (двух чисел), взятых при одинаковых основаниях, есть величина постоянная (от значения основания не зависит);
2) такой *выбор* длины шкал и начальной точки на них, что все «оппозитные» (противолежащие) отметки отличаются лишь порядком (характеристиками – при равных мантиссах). Отношение приведенных затрат $Q_{[5]}$ к произведению $G{\cdot}\Phi{\cdot}T$ по п. 9 табл. 6 представлено на рис. 2 линией 5 (отметки на шкале B). Очевидно, что для уличных ОУ можно принять значения пересчетного коэффициента (раздел 4, формула (2)) $\boldsymbol{a}$=1,15...1,25.

4. Расчет приведенных затрат по стоимости ЕСЭ

Точность громоздких, кропотливых расчетов по методике [1] на деле иллюзорна.

Причины утраты ею точности – изменения цен на светотехнические и монтажные изделия, стоимости монтажных работ и др. – за период проектирования и время строительства объекта (влияние инфляции и др. факторов).

В результате ценность методики [1] девальвирует. Еще важнее, что вывод об оптимальной ОУ можно получить легче и быстрее, если использовать 1 лм·с или линейно связанные с ней показатели, например, стоимость ЕСЭ, отн.ед./клм·ч. Возможности, предоставляемые стоимостью ЕСЭ как тестом на экономичность, показаны ниже.

Стоимость ЕСЭ как критерий экономичности служит маркером (специфическим определителем) ИС, целесообразного по экономическим показателям, среди ламп, которые можно (по цветопередаче, цветовой температуре, коэффициенту $K_п$ и др.) использовать в конкретной ОУ; является независимым, совершенно самостоятельным критерием экономичности ИС (а не «фрагментом», пусть даже важнейшим, метода приведенных затрат), обеспечивая возможность сравнения именно ламп; позволяет выбрать ИС в самом начале проектирования – не требует знания характеристик СП и иных элементов ОУ, параметров эксплуатации и других факторов.

При экономическом анализе на основе ЕСЭ находятся:

- стоимости ЕСЭ, отн.ед./клм·ч – по формуле $G=G(q, \eta_v, C, \Phi, \tau)$;
- затраты $Q_{[3]}$, отн.ед./клм·год, по основным факторам – умножением стоимости ЕСЭ на годовое число часов использования ОУ T;
- затраты полные, отн.ед./клм·год, по всем факторам (включая слабо влияющие), с учетом динамики цен на элементы ОУ и стоимость монтажных работ и обслуживание ОУ – умножением на коэффициент $\boldsymbol{a}$.

Иными словами, вместо обременительных расчетов по [1] данная схема предлагает находить ориентировочное значение полных затрат на ОУ по формуле

$$З = G\,T\,\boldsymbol{a} = (q\,\eta_v^{-1} + C\,\Phi^{-1}\,\tau^{-1})\,T\boldsymbol{a}, \qquad (2)$$

где $G=(q\eta_v^{-1}+C\Phi\tau^{-1})$ – находится по формуле (1); T – число часов работы ОУ в год (в [5] используется T=4000, по данным Мосгорсвета [5]); $\boldsymbol{a}$=1,15...1,25 (в большинстве случаев) – поправка на неучтенные факторы.

Выводы

На основе анализа совокупности факторов, влияющих на стоимость осветительной установки, и их ранжирования предложена методика оценки стоимости единицы световой энергии. Методика позволяет заметно повысить точность расчетов при оценке экономических показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клюев С.А. Технико-экономические расчеты при проектировании осветительных установок // Светотехника. – 1975. – № 8. – С. 18–23.
2. Никитин В.Д., Завей-Борода В.Р. Энергосбережение в осветительных установках. // Энергетика: экология, надежность, безопасность: Матер. X Всеросс. научно-техн. конф. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – С. 322–326.
3. Никитин В.Д., Шаламова Ю.С., Матющенко А.А. Динамика стоимости единицы световой энергии, как критерий научно-технического прогресса // Энергетика и энергосбережение: Матер. научно-метод. конф. КрасГАУ. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2005. – С. 45–49.
4. Кунгс Я.А., Ощепков Б.А., Риммер Г.Е. Технико-экономическое сравнение прожекторных установок с различными источниками света // Светотехника. – 1978. – № 7. – С. 21–23.
5. Флодина Т.Л. Об экономической целесообразности замены ламп ДРЛ в светильниках наружного освещения лампами ДНаТ // Светотехника. – 2003. – № 5. – С. 59.
6. Кнорринг Г.М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения. – Л.: Энергия, 1973. – 200 с.
7. Вайнштейн В.Б., Никитин В.Д. Электрическая часть осветительных установок. – Томск: Изд-во ТПИ, 1984. – 92 с.
8. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат. 1995. – 528 с.
9. Клюев С.А. О потерях электроэнергии в осветительных сетях // Светотехника. – 1991. – № 9. – С. 5–6.

Поступила 04.04.2006 г.